

Cambios en la calidad poscosecha de salvia (*Salvia officinalis*) almacenada bajo condiciones de frigoconservación

Postharvest quality changes of salvia (*Salvia officinalis*) stored under cold-storage conditions

María de la Luz Romero Tejeda, María Teresa Martínez Damián, Juan Enrique Rodríguez Pérez, María Teresa Beryl Colinas León, Juan Martínez Solís

Originales: *Recepción*: 13/11/2014 - *Aceptación*: 22/07/2015

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de temperaturas bajas sobre la calidad poscosecha de salvia (*Salvia officinalis* L.). Para ello, las plantas fueron empacadas en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenadas por 21 días a 0 ± 2 y $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ y un testigo a $23\pm 2^{\circ}\text{C}$. Durante este período cada tres días se evaluó: tasa de respiración (TR), producción de etileno (PE), pérdida de peso (PP), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), clorofila total (CT), color (*L, *C, °h) y vitamina C (VitC). Adicionalmente, mediante evaluación sensorial, se determinó: apariencia visual, escala de color, amarillamiento, abscisión de hojas y pudriciones. El uso de refrigeración (0° y 6°C) mantuvo la TR y PE con valores de 15,4 a 22,9 mL $\text{CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ y de 0,06 a 0,46 mL etileno $\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente. El uso de refrigeración disminuyó la pérdida de peso en salvia hasta un 40%. La CT y el CL se conservaron por 15 días a 6°C . El contenido de vitamina C decreció progresivamente, y fue significativamente menor en el tratamiento a 23°C . La refrigeración a 0°C , permitió prolongar la calidad de la salvia por 12 días, mientras que a 6° y 23°C , solo se mantuvo por 9 y 6 días, respectivamente.

Palabras clave

refrigeración • tasa de respiración • almacenamiento • evaluación sensorial

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5
Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.
teremd13@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of low temperatures on the postharvest quality of sage (*Salvia officinalis* L.). For this, the plants were stored at 0° to 6°C with compared to 23 ± 2°C (control) and packed in polyethylene bags, low density for 21 days. During this period were evaluated every three days: respiration rate (TR), production of ethylene (PE), weight loss (WL), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), the total chlorophyll (CLT), color (*L, *C, °h) and vitamin C (VtC). Additionally, through a sensory evaluation: visual appearance, color scale, yellowing, leaf abscission and decay. The use of cooling (0° to 6°C) maintained the TR and PE values were 15.4 to 22.9 mL CO₂·kg⁻¹ · h⁻¹ and 0.06 to 0.46mL ethylene · kg⁻¹ · h⁻¹, respectively. The use of cooling diminished WL up to 40% sage. The CT and CL were stored for up to 15 days to 6°C. The VtC gradually decreased, but this decrease were more evident in the treatment at 23°C. The best treatment was 0°C, since, allowed prolong the quality of sage up to 12 days, contrary to the treatments to 6° and 23°C where quality only maintained for up to 9 and 6 days, respectively.

Keywords

refrigeration • respiration rate • storage • sensory evaluation

INTRODUCCIÓN

El uso de las plantas aromáticas tiene sus orígenes en lo más remoto de la historia. Tanto en la cocina como en la medicina natural sus cualidades han sido destacadas.

A mediados del siglo XIX se practicaron los primeros análisis químicos de esencias de plantas aromáticas con el fin de conocer su composición química y con ello se inició la base de la industria farmacéutica, perfumera y condimentaria (25). En este sentido, el uso de las plantas aromáticas en la cocina está cada vez más extendido, tanto en la frecuencia como en la variedad de especies utilizadas.

Actualmente se emplean las hojas frescas, tanto para sazonar los guisos como para realzar los diversos aromas culinarios. Cabe notar que la industria alimentaria consume anualmente 40% de la producción mundial de plantas aromáticas en fresco.

A pesar de este auge, la movilización de plantas aromáticas no ha sido del todo exitosa, debido a que son altamente perecederas lo que conlleva a una corta vida de anaquel.

En respuesta a esto se ha creado estrategias de mercado que recurren a una única tecnología para todas las hierbas. Por ello, las condiciones poscosecha implementadas pueden ser adecuadas para algunas de estas plantas e inapropiadas para otras, debido a sus diferencias botánicas y fisiológicas (6).

En el caso particular de salvia fresca (*S. officinalis* L.), perteneciente a la familia Labiatae, responde adecuadamente a los métodos de conservación (empaque, reducción del metabolismo y control de humedad relativa), sin embargo, siempre es aconsejable combinarlas con el manejo de la temperatura (4).

El uso de refrigeración a temperaturas bajas (5°C) y control de la humedad relativa durante el manejo poscosecha de esta planta, constituyen una herramienta importante en la disminución del metabolismo y deshidratación, lo que permite prolongar su vida de anaquel y conservar sus características fisicoquímicas hasta 16 días de almacenamiento. Es indispensable remover el calor de campo rápidamente, ya que es esencial para disminuir la velocidad de la tasa de deterioro de productos altamente perecederos como es el caso de esta aromática (38).

Es importante enfatizar que los estudios disponibles en plantas aromáticas en general, se han enfocado a mejorar las cualidades de los aceites esenciales empleando diferentes estados de madurez y técnicas de secado poscosecha (5, 41).

En cuanto a salvia, la investigación se ha enfocado a la caracterización y utilización de los antioxidantes presentes en los extractos obtenidos de las hojas, como también a identificar los minerales y los polifenoles que la componen (43).

No obstante, en la actualidad, son pocos los trabajos relacionados con la fisiología poscosecha donde se analice el uso de empaques y diferentes temperaturas de almacenamiento en hierbas de la familia Labiatae (6, 18, 27), que permitan conservar su calidad y prolongar la vida de anaquel.

La temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes para preservar la calidad de salvia. Su manejo inadecuado, por ejemplo, temperaturas superiores a 9°C generan daños por pudrición (6).

Objetivo

Evaluar el efecto de la refrigeración (0° y 6°C) sobre características fisicoquímicas, fisiológicas, bioquímicas y

sensoriales en la prolongación de la vida poscosecha de salvia en fresco, previamente empacada en bolsas de polietileno, contrarrestándola con la almacenada a 23°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El material vegetal utilizado fue *Salvia officinalis*, proporcionado por la empresa Glezte S. P. R. de R. L., localizada en Axochiapan, Morelos, la cual fue producida a cielo abierto a $25 \pm 5^\circ\text{C}$.

Se cosechó el 9 de mayo de 2012, realizando cortes de los brotes terminales de 20 cm aproximadamente y fue empacada en bolsas de polietileno transparente de baja densidad de 500 g de capacidad, en las cuales, se realizaron 6 perforaciones. Se transportaron en cajas de cartón a los Laboratorios de Fisiología de Frutales y de Usos Múltiples de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Una vez que la salvia llegó a las instalaciones de la UACH se mantuvo a 5°C por 24 h, para uniformizar la temperatura en todas las plantas.

Posteriormente, 250 g de hojas con tallo se colocaron en bolsas perforadas y fueron almacenadas a 0° y a 6°C en cámaras frigoríficas con 95% de humedad relativa. Por otra parte, las muestras a 23°C se mantuvieron en anaqueles de madera.

Se realizó un análisis inicial y las siguientes evaluaciones se llevaron a cabo cada tres días, por 21 días.

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento en cada día evaluado, la unidad experimental consistió en una bolsa de salvia.

Las variables evaluadas fueron: pérdida de peso y se evaluó con una balanza digital (OHAUS®). Los porcentajes de pérdida se obtuvieron aplicando la fórmula:

$\% \text{ de pérdida de peso} = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial} \times 100.$

La Tasa de respiración y producción de etileno, se cuantificó mediante el método estático a través de tubos de plástico cerrados herméticamente con manojos de 50 g de salvia. De los cuales, después de una hora, se tomó 1 mL de aire y la muestra se inyectó con una aguja hipodérmica en un cromatógrafo de gases (VARIAN® mod.3400) acondicionado con una columna Porapak 80/100 de 2 mm x 1/8" y un detector de conductividad térmica (TCD) y otro de ionización de flama (FID).

Las condiciones de evaluación de las muestras fueron: 150°C en el inyector, 80°C en el horno, 170°C en el TCD y 250°C en el FID. Como estándar se utilizó CO₂ (399 mg·litro⁻¹) y etileno (103 mg·litro⁻¹) marca INFRA. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 mL·min⁻¹.

Los sólidos solubles totales se evaluaron según el método de AOAC (1), con un refractómetro digital (ATAGO Pal-1), en el cual se colocaron 3 gotas del jugo de 5 g de hojas maceradas manualmente. Los datos se reportaron en °Brix.

La acidez titulable fue valorada por titulación, de acuerdo con AOAC (1). En esta determinación se licuó 5 g de hojas en 25 mL de agua destilada, luego, se tomó una alícuota de 5 ml para ser valorada con NaOH 0.01N y fenolftaleína como indicador. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico.

Los componentes del color se determinaron mediante un espectrofotómetro de esfera X-Rite (modelo SP62), el cual, a partir de un sistema triestímulo, permite obtener las dimensiones de la escala

Hunter: L* (brillantez), C* (cromaticidad) y °h (ángulo de tono). De las cuatro repeticiones que se seleccionaban por día de evaluación, se sacó tres hojas maduras por bolsa y, se midió en tres puntos diferentes, haciendo un total de 27 lecturas por tratamiento por día de evaluación.

La concentración de clorofilas se determinó de acuerdo con la técnica propuesta por AOAC (1). Se tomó una muestra de 5 g de las hojas de salvia y se realizó la extracción con acetona al 80% dejándolas reposar durante 24 h en oscuridad, en un lugar fresco. Se registraron lecturas de absorbancia (Abs) a tres longitudes de onda (645; 652 y 663 nm; mediante el uso de un espectrofotómetro digital UV-VIS Perkin Elmer®). Las concentraciones se calcularon con las siguientes fórmulas:

Clorofila a = $0.0127A_{663} - 0.00269A_{645}$

Clorofila b = $0.0229A_{645} - 0.00468A_{663}$

Clorofila total (a+b) = $0.0202A_{652} + 0.00802A_{663}$

Los datos se reportan en µg·g⁻¹ de peso fresco (Pf). Vitamina C: se estimó de acuerdo con el método de Tillman AOAC (1) conocido como DCPIP 2, 6 diclorofenol-indofenol (DCPIP); a partir de 5 g de hojas de salvia que se licuaron con 50 mL de ácido metafosfórico-ácido acético para lo que se tomó una alícuota de 10 mL a la que se agregó 20 mL de agua destilada y se tituló con la solución de DCPIP. La titulación se detuvo cuando apareció un color rosa oscuro que permaneció más de 15 seg.

Se registró el gasto de DCPIP. Para obtener el contenido de esta vitamina se empleó la siguiente fórmula:

$\text{mg vitamina C} / 100 \text{ g peso fresco} = [\text{gasto DCPIP} \times 0,133 / \text{vol. alícuota} \times \text{vol. total} / \text{peso de la muestra} \times 100].$

Evaluación sensorial: se utilizó la escala hedónica propuesta por Martínez y Cantwell (2002), con modificaciones.

Se evaluó la apariencia visual (AV), escala de color visual (ECV), amarillamiento (AM), pudriciones (P) y abscisión de hojas (ABH). Para analizar estos caracteres se asignaron los siguientes valores: AV (9 = excelente, 1 = indeseable), ECV (5 = verde oscuro, 1 = amarillo), AM (1 = ninguno, 5 = severo), P (1 = muy malo, 5 = excelente) y ABH (5 = severo, 1 = ninguno).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$), se empleó el paquete de análisis estadístico Statistical Analysis System, SAS (versión 9.0) (34).

Para los datos obtenidos mediante la escala hedónica, se llevó a cabo un análisis no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se utilizó el software estadístico InfoStat (versión 2013) (10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de peso

Las pérdidas de peso por transpiración en las hortalizas de hoja durante poscosecha, constituyen el principal problema que demerita su calidad debido a que están constituidas en mayor parte por agua, alcanzando ésta hasta un 90% del peso total (42). Al tercer día de evaluación solo se detectó diferencias significativas entre el tratamiento de 23°C con el de 0°C (figura 1, pág. 58). Entre el sexto y quinceavo día de almacenamiento, la pérdida de peso de las plantas almacenadas a 0° y 6°C fue similar, y estadísticamente diferente a las que se almacenaron a 23°C, las cuales tuvieron la mayor pérdida.

Entre los 18 y 21 días de evaluación, las plantas en las tres temperaturas fueron diferentes significativamente, a medida que se aumentó la temperatura,

las pérdidas de peso fueron superiores (figura 1, pág. 58).

Coop *et al.* (2011) y Cuadra y Del Amor (2010), indican que cuando los vegetales de hoja se almacenan a una temperatura elevada, pueden perder entre 6 y 7% de su peso fresco, la firmeza y apariencia disminuyen, en consecuencia la calidad y vida de anaquel también.

Ávila *et al.* 2007, indicaron que cuando se trata de prolongar la vida poscosecha de productos perecederos, el déficit de presión de vapor de agua es una de las medidas que adquiere mayor relevancia, ya que ésta mide la diferencia entre la presión del vapor de agua al interior de un producto almacenado y su entorno. En este sentido, Kader (2007), sugiere que las hierbas frescas deben almacenarse cerca de los 0°C y empacarse adecuadamente, ya que las altas temperaturas ocasionan mayor pérdida de agua y alteraciones en la hoja, lo que reduce la vida poscosecha de la planta (33).

Tasa de respiración

Se encontró que de los 6 a los 12 días de almacenamiento, el tratamiento a 23°C fue estadísticamente diferente, presentando la mayor tasa de respiración, con respecto a 0° y 6°C (figura 1, pág. 58), mientras que a los 15 días se observó, que a medida que aumenta la temperatura, la tasa respiratoria fue superior.

Al finalizar el almacenamiento, a los días 18 y 21, se nota que es preferible emplear el tratamiento a 0°C. Similares resultados reportan Cruz *et al.* (2013) en menta (*Mentha x piperita* L.) almacenada durante 15 días, quienes encontraron que a 20°C la tasa de respiración fue superior que a 6° y 10°C.

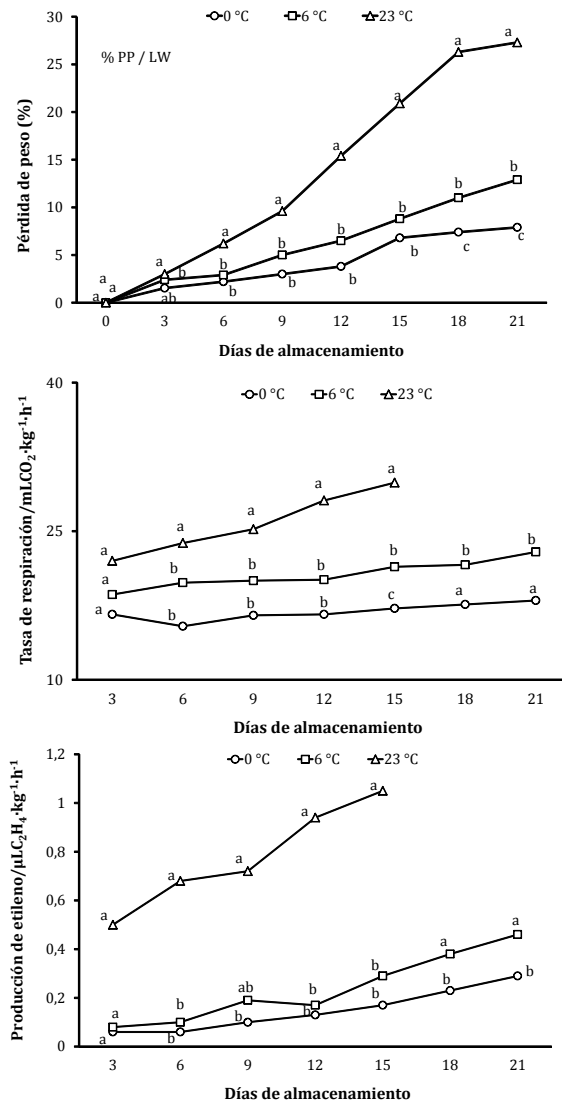


Figura 1. Variables fisiológicas: pérdida de peso (%PP), tasa de respiración (CO₂) y producción de etileno (PE) en salvia almacenada durante 21 días a 0,6° y 23°C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey P≤0,05.

Figure 1. Physiological variables: weight loss (% WL), respiration rate (CO₂) and ethylene production (EP) in sage stored for 21 days at 0.6° and 23°C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey P≤0.05.

Sin embargo, estos valores fueron menores a lo señalado por Gómez *et al.* (2009) en cilantro (*Coriandrum sativum* L.) almacenado a 25°C, con valores máximos de 25 y 46 $\mu\text{LCO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Al respecto, Hardenburg *et al.* 2008, señalan que cuanto más alta es la temperatura de almacenamiento en hierbas frescas, la respiración tiende a intensificarse provocando la producción acelerada de calor, CO_2 , y H_2O , por lo que la vida de anaquel se reduce. Es por ello, que el manejo de la temperatura es el método más eficaz para mantener la tasa respiratoria en productos frescos, lo cual permite predecir el tiempo de almacenamiento y determinar los requisitos de refrigeración (26). Las plantas después de ser cosechadas durante su manejo y transporte, son altamente susceptibles a una acelerada senescencia que se acompaña por pérdidas de frescura, clorofila, calidad culinaria y nutrientes, debido a su alto metabolismo, al igual que en otros productos perecederos, diversos procesos fisiológicos alteran su vida de anaquel (6, 32).

Producción de etileno

Después de los 3 días de almacenamiento, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, a los 6, 9, 12 y 15 días se puede observar que el tratamiento a 23°C fue estadísticamente diferente, presentando la mayor producción de etileno (figura 1, pág. 58).

En el transcurso de estos días no existieron diferencias significativas entre 0° y 6°C, aunque al día 18 y 21 de almacenamiento se observa que es mejor el tratamiento a 0°C, ya que el de 6°C presentó una mayor producción de etileno. Pyung *et al.*, (2007) y Nath *et al.* (2006), reportaron que las altas temperaturas pueden acelerar el deterioro de hojas frescas, debido a que favorecen

el incremento en el metabolismo celular y mayor sensibilidad de los tejidos al efecto negativo del etileno. En salvia, temperaturas superiores a 10°C la afectan, sin embargo, el efecto puede ser minimizado con el uso de refrigeración (entre 0° y 6°C) durante su transporte y comercialización (12). Por su parte, Cantwell y Reid (2007) y Kenigsbuch *et al.*, (2007), mediante un estudio realizado sobre el almacenamiento y vida de anaquel en berro (*Nasturtium officinale*), perejil (*Petroselinum crispum* L.) y menta (*M. piperita* L.), encontraron que estas hierbas a 0 °C se conservan en excelentes condiciones por dos semanas.

Sólidos solubles totales

En lo que respecta al contenido de sólidos solubles totales, durante todo el período de almacenamiento no se presentaron diferencias estadísticas significativas (figura 2, págs. 60 y 61). Probablemente se debe a que la salvia al ser una hierba no posee tejidos de reserva que permitan la acumulación de azúcares, lo cual puede estar relacionado con el proceso de senescencia (22). Este proceso oxidativo pudo ocasionar que se degradaran desde el inicio del almacenamiento, los pocos azúcares y ácidos que la planta mantenía (35). Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Wang *et al.* (2008), quienes almacenaron salvia por 15 días a 0°; 7° y 20°C, y no encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque obtuvieron los valores más altos de sólidos solubles a 0°C.

Acidez titulable

Entre el tercer y doceavo día de almacenamiento, el tratamiento a 23°C fue estadísticamente superior, presentando el mayor porcentaje de ácido málico con respecto a 0°C y 6°C (figura 2, págs. 60 y 61).

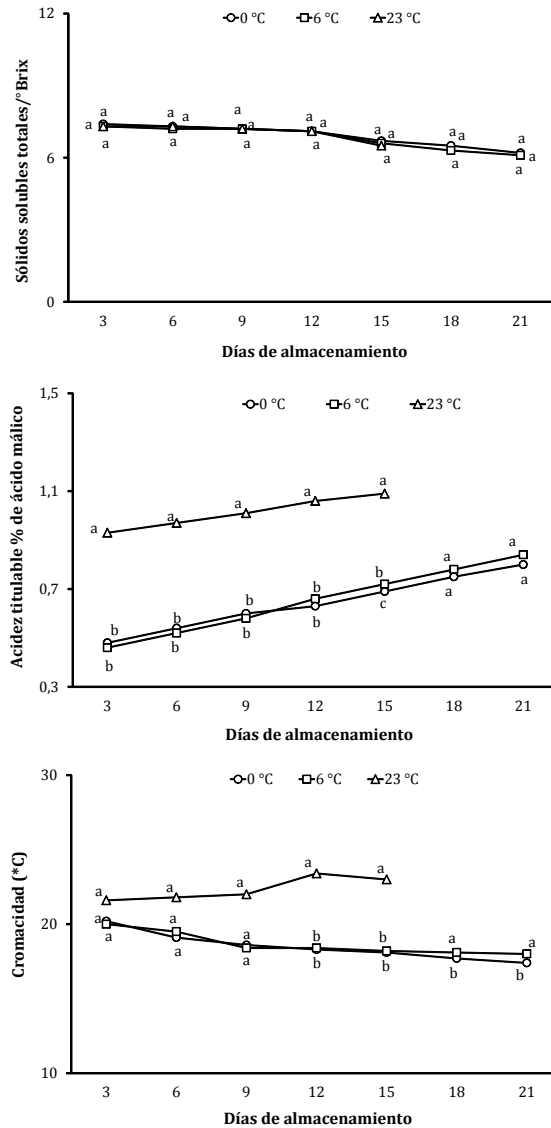


Figura 2. Variables fisicoquímicas: Sólidos solubles totales (SST); acidez titulable (AT) y Color: Brillantez (*L), cromaticidad (*C) y tonalidad ($^{\circ}$ h); en salvia almacenada durante 21 días a 0 $^{\circ}$; 6 $^{\circ}$ y 23 $^{\circ}$ C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey, $P \leq 0,05$.

Figure 2. Physicochemical variables: Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and Color: Brightness (*L), chroma (*C) and hue angle ($^{\circ}$ h); in sage stored for 21 days at 0 $^{\circ}$; 6 $^{\circ}$ and 23 $^{\circ}$ C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey, $P \leq 0.05$.

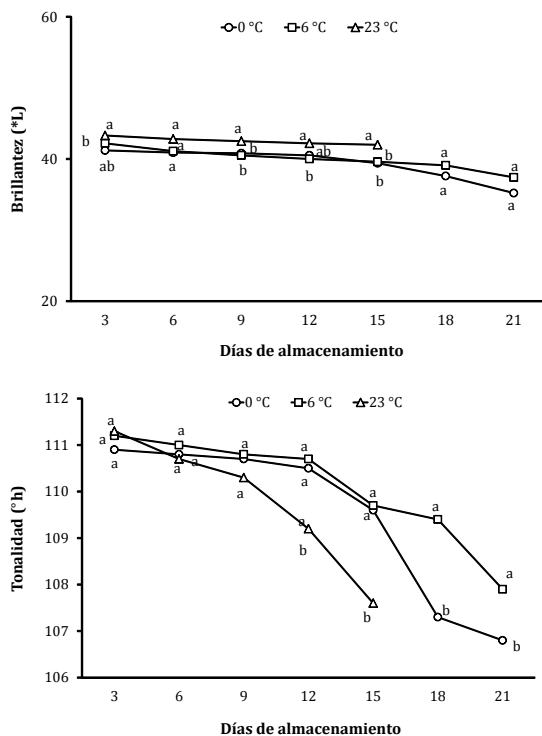


Figura 2 (cont.). Variables fisicoquímicas: Sólidos solubles totales (SST); acidez titulable (AT) y Color: Brillantez (*L), cromaticidad (*C) y tonalidad (°h); en salvia almacenada durante 21 días a 0°; 6° y 23°C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey, $P \leq 0,05$.

Figure 2 (cont.). Physicochemical variables: Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and Color: Brightness (*L), chroma (*C) and hue angle (°h); in sage stored for 21 days at 0°; 6° and 23°C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey $P \leq 0.05$.

Resultados similares fueron reportados por Torales *et al.* (2010), en arúgula, donde los valores de acidez a 20°C fueron estadísticamente mayores durante los 15 días de almacenamiento con respecto al tratamiento a 6°C.

En este trabajo se observa que al día 15, cada tratamiento es estadísticamente diferente, comprobándose que, al aumentar la temperatura el porcentaje de ácido málico es superior.

Durante la mayor parte del período de almacenamiento, excepto al día 15, el comportamiento a 0° y 6°C es similar, ya que no se presentan diferencias significativas en el porcentaje de ácido málico. En este sentido, Wills *et al.* 2008, mencionan que ocurre un efecto contrario en albahaca donde el uso de temperaturas bajas redujo el desdoblamiento de los ácidos orgánicos, lo que permitió conservar y aumentar los

porcentajes de acidez para resistir el estrés por frío durante el almacenamiento (16).

Color

En este trabajo se observa (figura 2, págs. 60 y 61), que a los 3 días de almacenamiento el tratamiento a 23°C fue estadísticamente diferente del de 6°C, presentando la mayor luminosidad. Este comportamiento implica que cuanto mayor sea el tiempo de almacenaje y más alta sea la temperatura, la brillantez de las hojas sufrirá una pérdida continua (2).

Por su parte, a los 9; 12 y 15 días, el tratamiento a 23°C, fue estadísticamente diferente del correspondiente a los 0° y 6°C. A los 6; 18 y 21 días de almacenamiento no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En lo que se refiere a la cromaticidad, a los 3; 6 y 9 días de almacenamiento no se observa variación entre las temperaturas de almacenamiento y es a los 12 y 15 días que el tratamiento a 23°C es estadísticamente diferente, presentando mayor saturación de color con respecto a 0° y 6°C. Aunque a los 18 y 21 días de almacenamiento se nota que hay diferencia estadística entre 0° y 6 °C presentando este último la mayor cromaticidad.

El color de las hojas de acuerdo con el ángulo Hue indica que valores cercanos a 90° sugieren un color amarillo y a 180° señalan un color verde (20).

En este trabajo, del día 3 al 9, no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, y no es hasta los 12 y 15 días donde se observa que el tratamiento a 23°C es estadísticamente diferente, con un rango de valores entre 109,2° a 107,6°. De acuerdo con la gráfica de color CIELAB indica una coloración menos verde con respecto a 0° y 6°C (tonalidad más verde), aspecto que coincide con lo reportado en estos mismos días para clorofila. Lo anterior, concuerda con

Wang *et al.* (2008), quienes al almacenar salvia por 15 días a 0°; 5°; 7° y 20 °C encontraron que a los 12 días la brillantez, la cromaticidad y la tonalidad fueron estadísticamente diferentes a 20°C.

En relación con los resultados observados, Tonoiven (2004) afirma que un reducido contenido de oxígeno en el tejido de las plantas provoca cambios en la coloración, cuando se manejan temperaturas por arriba de los 20°C. Los cuales se vinculan principalmente con la degradación de la clorofila, ocasionada por cambios físicos y químicos implicados en el proceso de senescencia, así como por la síntesis o manifestación de otros pigmentos (carotenoides y antocianinas), por lo cual se espera un efecto benéfico por parte del uso de las bajas temperaturas.

Clorofila total

A los 3 días de almacenamiento no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Es a los 6; 9; 12 y 15 días que el tratamiento a 23°C fue estadísticamente diferente mostrando una disminución de clorofila en relación con 0° y 6°C (figura 3, pág. 63), que desde el inicio del almacenamiento hasta los 15 días presentaron los valores más altos de este pigmento. Por su parte, a los 18 y 21 días la temperatura de 6°C mantuvo los más altos niveles de clorofila que a 0°C.

El comportamiento observado sugiere que puede haber una relación directa entre factores ambientales y la temperatura, que pueden provocar la alteración de color de las hojas involucrando la desnaturalización de la clorofila, así como la síntesis de otros pigmentos (21, 29). Aunado a esto, cuando las hojas se exponen a bajas temperaturas (-0.5 a 4°C) se foto-inhíben fácilmente, lo que ocasiona un grave daño a la maquinaria fotosintética, que se ve reflejado en la disminución de los pigmentos (37).

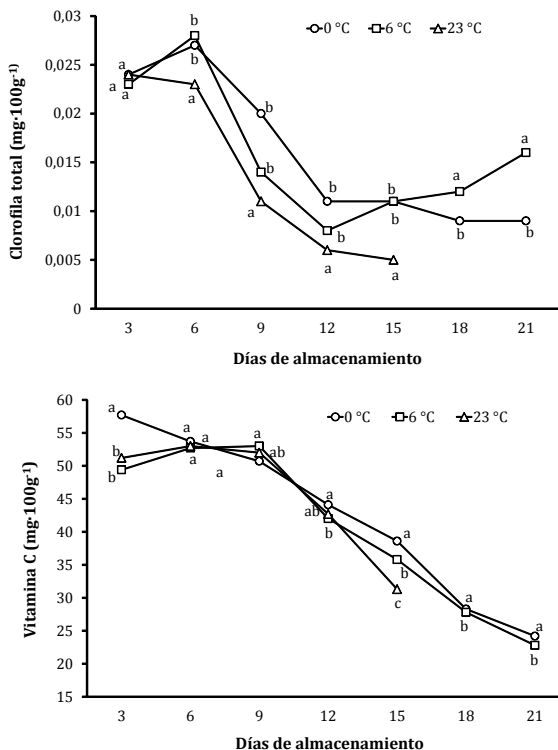


Figura 3. Variables bioquímicas: clorofila total (CLT) y vitamina C (VtC) en salvia almacenada durante 21 días a 0°; 6° y 23°C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey P≤0,05.

Figure 3. Biochemical variables: total chlorophylls (TC) and vitamin C (VtC) in sage stored for 21 days at 0°; 6° and 23°C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey P≤0.05.

Lo anterior coincide con Torales *et al.* (2010), los tratamientos con bajas temperaturas de almacenamiento en arúgula presentaron mayor contenido de clorofila, en relación con la albahaca almacenada a 20°C, donde el contenido de clorofila fue siempre menor. Lo reportado en este trabajo también concuerda con Hassan y Mahfouz (2012), quienes al almacenar cilantro a 5°C por 15 días observaron que el contenido de clorofila

total fue disminuyendo gradualmente durante el almacenamiento pero de forma lenta comparada con la que se mantuvo a temperatura ambiente.

En relación con los cambios que generan las temperaturas en el contenido de clorofilas, el uso de refrigeración puede ser una alternativa, debido a que permite disminuir la degradación, manteniendo la calidad visual (frescura, turgencia y color verde) de hortalizas de hoja.

En el caso de hierbas frescas suele ser una de las características fundamentales para prolongar su vida útil (15).

Vitamina C

Durante la mayor parte del período de almacenamiento se presentaron diferencias significativas, excepto en el sexto día donde todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (figura 3, pág. 63). Al tercer día de almacenamiento, el tratamiento a 0°C presentó el mayor contenido de vitamina C con relación a 6° y 23°C, donde el contenido de vitamina fue estadísticamente igual. A los 9 días el tratamiento a 6°C fue estadísticamente diferente al de 0°C, ya que presentó el mayor contenido de vitamina C.

Al doceavo día el tratamiento a 0°C presentó variación significativa (mayor cantidad de vitamina) con relación al de 23°C, donde el contenido fue menor. Es importante resaltar que el comportamiento del ácido ascórbico es muy inconsistente para estos días de evaluación y no es hasta los 15 días en adelante que hay diferencias del efecto entre cada tratamiento, por lo que a medida que aumenta la temperatura el contenido de vitamina C decrece. En este sentido, cuando las plantas se mantienen a temperaturas elevadas y en períodos de almacenamiento prolongado, el inicio de la senescencia se acelera ocasionando mayor pérdida de vitamina C debido a la degradación de los tejidos y al incremento en la tasas respiratoria (17).

Estos resultados coinciden con Pighín y Ral (2010), quienes en espinaca fresca almacenada por 15 días a 7°C, encontraron valores más altos de vitamina C (48,2mg·100g⁻¹), en comparación con el testigo (36,8 mg·100g⁻¹).

Respecto a lo anterior, el almacenamiento a bajas temperaturas es considerado eficaz en la disminución de las pérdidas de ácido ascórbico, donde la congelación suele ser mejor (30), y al ser éste un compuesto que contribuye a la capacidad antioxidante, su conservación es importante durante el manejo poscosecha hortalizas de hoja (36).

Evaluación sensorial

En este trabajo se observó que al tercer día de almacenamiento no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Fue a los 6; 9; 12 y 15 días que los tratamientos a temperaturas bajas (0° y 6°C) fueron estadísticamente diferentes, ya que presentaron una mejor calidad visual, con respecto al tratamiento de 23°C (figura 4, pág. 65 y pág. 66). Es evidente que la calidad se va perdiendo conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, este comportamiento puede estar relacionado con la disminución de la tasa de degradación de clorofila, y algunos procesos implicados con la senescencia (35).

Una característica fundamental de calidad en las hierbas frescas la constituye el color verde de sus hojas (6). En este estudio se observó que a los 9 y 12 días, en las plantas del tratamiento a 23°C, hubo pérdida de color con respecto a las de refrigeración, tendencia que continuó a los 15; 18 y 21 días. El tratamiento a 0°C (conservó la mayor escala de color verde en las hojas) fue significativamente diferente al de 23°C; donde la pérdida de color fue evidente aunada con la aparición de colores amarillentos mostrados los tres últimos períodos de evaluación.

La abscisión de hojas en el tratamiento a 23°C incrementó la caída a partir del día 15 de almacenamiento y continuó hasta los 18 y 21 días.

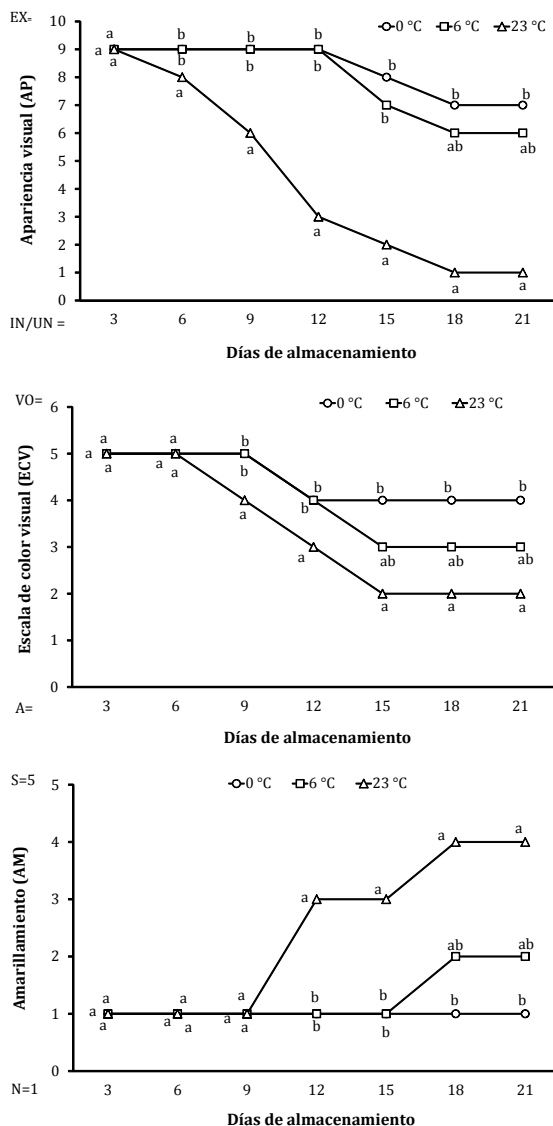


Figura 4. Evaluación sensorial: apariencia visual (AV), escala de color visual (ECV), amarillamiento (AM), abscisión de hojas (ABH), pudrición (P), en salvia almacenada durante 21 días a 0°; 6° y 23°C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0,05). MM = Muy Malo, S = Severo, N = Ninguno, IN = Indeseable, EX = Excelente, VO = Verde oscuro, A = Amarillo.

Figure 4. Sensory evaluation: visual appearance, visual color scale, yellowing, leaf abscission and decay in sage stored for 21 days at 0°; 6° and 23° C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal (Tukey, P≤0.05). VB = very bad, S = severe, N = none, IN= undesirable, EX= excellent, VO = dark green, A = yellow.

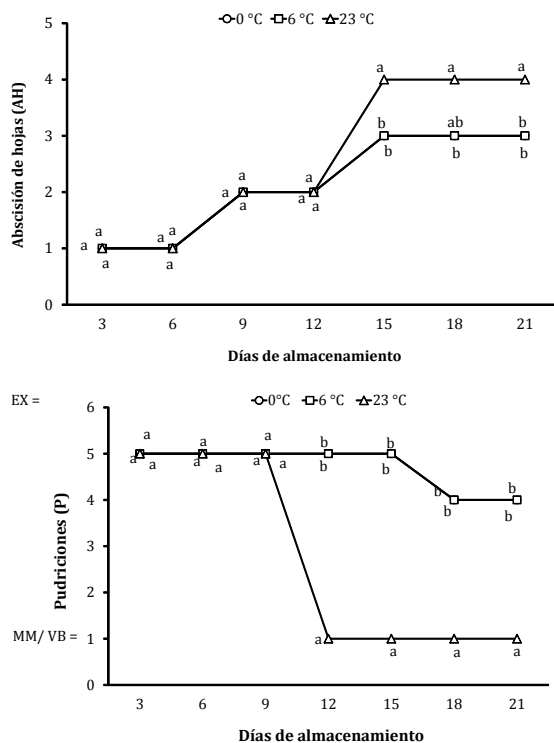


Figura 4 (cont.). Evaluación sensorial: apariencia visual (AV), escala de color visual (ECV), amarillamiento (AM), abscisión de hojas (ABH), pudrición (P), en salvia almacenada durante 21 días a 0°; 6° y 23°C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0,05$). MM = Muy Malo, S = Severo, N = Ninguno, IN = Indeseable, EX = Excelente, VO = Verde oscuro, A = Amarillo.

Figure 4 (cont.). Sensory evaluation: visual appearance, visual color scale, yellowing, leaf abscission and decay in sage stored for 21 days at 0°; 6° and 23° C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal (Tukey, $P \leq 0.05$).

VB = very bad, S = severe, N = none, IN= undesirable, EX= excellent, VO = dark green, A = yellow.

Kenigsbuch *et al.* (2007) indican que las hortalizas de hoja verde, se ven afectadas negativamente por el etileno, lo que ocasiona síntomas como amarillamiento, caída de hojas y epinastia.

Nuñez *et al.* (2012), Cruz *et al.* (2013) y Reyes Perez *et al.* (2013), indican que la temperatura es el factor más importante que

afecta la vida de las hierbas frescas, como albahaca y menta, que son susceptibles a presentar cambios, por lo que es indispensable su manejo mediante el uso de refrigeración y humedad relativa cercana al punto de saturación (98 a 100%), con el fin de prolongar su vida útil y mantener la calidad de comercialización.

En cuanto a la pudrición, en este trabajo no se encontró diferencia estadística del día 3 al 9 de almacenamiento, y es del día 12 al 21 que el tratamiento a 23°C es estadísticamente diferente (mayor pudrición) con respecto a 0° y 6°C, esto posiblemente ocurrió porque la descomposición de los tejidos vegetales tiende a reducir su actividad metabólica cuando se someten a bajas temperaturas (24).

CONCLUSIONES

El almacenamiento en refrigeración a 0°C prolongó la vida poscosecha de salvia, durante 15 días, lapso en el cual se preservaron las características fisicoquímicas, fisiológicas, bioquímicas y sensoriales.

La salvia almacenada a 6°C sólo conservó durante 9 días los atributos de calidad dentro del rango de aceptación para el consumidor. La calidad de salvia almacenada a temperatura ambiente (23°C) sólo se mantuvo durante 6 días.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC, Official methods of analysis of AOAC International. 2003. 17 ed. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemistry. Published for the association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA. USA. 1006 p.
2. Apeland, J. 2007. Factors affecting respiration and colour during storage of parsley. *Acta Horticulturae* 20:43-52.
3. Ávila, R. H. G.; Cuspoa, R. J. A.; Fisher, G. M.; Ligarreto, G. A.; Quicazan, C. M. C. 2007. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2 °C. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 60:4179-4193.
4. Böttcher, H.; Günther, I.; Franke, R. 2005. Physiological postharvest response of peppermint (*Mentha x piperita* L.) herbs. *Gartenbauwissenschaft* 67: 243-254.
5. Calvo, I. L. M.; Yam, P. A.; Dzib, G. R. F.; Escalante, R. L.; Peña, M. 2009. Effect of postharvest drying on the composition of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) essential oil. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 15: 281-287.
6. Cantwel, M. I.; Reid, M. S. 2007. Sistemas de manejo postcosecha: hierbas frescas: En: *Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas A A Kader*. (ed). Series de Horticultura Poscosecha No. 24. University of California, Davis, USA. p: 367-372.
7. Coop, G. Y. F.; Corona, C. A. I.; Rodríguez, R. R.; Herrera, R. F. J. 2011. Conservación de la calidad poscosecha en chile habanero (*Capsicum chinense* J.) mediante atmósferas modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 12:80-86.
8. Cruz, A. O.; Martínez, D. M. T.; Colinas, L. M T.; Rodríguez, P. J. E.; Ramírez, R. S. P. 2013. Cambios de calidad en poscosecha de menta (*Mentha x piperita* l.) almacenada en refrigeración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 19: 287-299.
9. Cuadra, C. P.; del Amor, M. F. 2010. Effects of postharvest treatments on fruit quality of sweet pepper at low temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90: 2716-2722.
10. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2008. *InfoStat*, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
11. Gómez, E.; Labarca, J. M.; Guerrero, M. M. 2009. Comportamiento poscosecha de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo refrigeración. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Venezuela*. 16: 146-150.
12. Grzegorzcyk, I.; Bilichowski, I.; Mikiciuk, O. E.; Wysokinska, H. 2005. *In vitro* cultures of *Salvia officinalis* L. as a source of antioxidant compounds. *Acta Societa Tis Botanicorum Poloniae*. 74: 17-21.
13. Hardenburg, R. E.; Watada, E. A.; Wang, Y. C. 2008. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. In: C Gross, C Wang, M Saltveit (eds). *USDA Agricultural Handbook Res. Number 66*. United States Department of Agriculture. 130 p.

14. Hassan, F. A. S.; Mahfouz, S. A. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the postharvest senescence of coriander leaves during storage and its relation to antioxidant enzyme activity. *Scientia Horticulturae* 141: 69-75.
15. Kader, A.A. 2007. 3rd ed. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Davis. Peer Reviewed. 299 p.
16. Kader, A. A.; Saltveit, E. M. 2005. Respiration and gas exchange: In: postharvest physiology and pathology of vegetables. J A Bartz, J K. Brencht, D Marcel (eds). Inc. New York, USA. p. 5-28.
17. Kalt, W. 2005. Effects of production and processing factors on mayor fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Foods Science*. 70: 11-19.
18. Kenigsbuch, D.; Chalupowicz, D.; Aharon, Z.; Maurer, D.; Aharoni, N. 2007. The effect of CO₂ and 1-methylcyclopropene on the regulation of postharvest senescence of mint, *Mentha longifolia* L. *Postharvest biology and technology* 43: 165-173.
19. Martínez, D. M. T.; Cantwell, T. M. 2002. Cambios de calidad en espinaca almacenada en atmósferas controladas. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 8: 49-62.
20. MINOLTA. 2007. Precise Color Communication. Tokyo, Japan. 62 p.
21. Nagle, M.; Romano, G.; Mahayothee, B.; Sardud, V.; Müller, J. 2012. A novel optical approach for monitoring color changes in mango. In: Program and abstracts of the international scientific conference on sustainable land use and rural development in mountain areas. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. p: 199-200.
22. Nath, P. P.; Trivedi, K.; Sane, V.A.; Sane, A. P. 2006. Role of ethylene in fruit ripening: In: Ethylene action in plants. Springer-Verlag. N. A. Khan. (ed).. Heidelberg, Germany. p: 151-184.
23. Núñez, L. V.; Martínez, D. M. T.; Colinas, L. M. T. 2012. Fisiología poscosecha de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con y sin acolchado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 18: 307-315.
24. Ortíz, C.; Alatorre, R.; Valdivia, B.; Medina, T.; Alejo, S. 2011. Effect of temperature and relative humidity on entomopathogenic fungi development. *Rev. Biociencias*.1:42-5.
25. Palacio, G. L. 2006. Las plantas medicinales y aromáticas. Una alternativa de futuro para el desarrollo rural. Boletín económico del Centro de Asistencia Técnica e Inspección de Comercio Exterior (CATICE) No. 2652. Madrid, España. p:29-40.
26. Peiris, I. H. S.; Mallon, J. L.; Kays, S. J. 2007. Respiratory rate and vital heat of some specialty vegetables at various storage temperatures. *HortTechnology*. 7: 46-49.
27. Petenatti, M. E.; Gette, M. A.; Camí, G. E.; Popovich, M. C.; Marchevsky, E. J.; Del Vitto, L. A.; Petenatti, E. M. 2014. Quantitative micrograph, HPLC and FTIR profiles of *Melissa officinalis* and *Nepeta cataria* (Lamiaceae) from Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 46(2): 15-27.
28. Pighín, G. F.; Ral, R. 2010. Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina C pre y post cocción. *Revista Chilena de Nutrición*. 37:201-207.
29. Pyung, O. L.; Hyo, J. K.; Hong, G. N. 2007. Leaf senescence. *annual review of plant biology*. 58:115-136.
30. Rapisarda, P.; Blanco, I. M.; Pannuzzo, P.; Timparo, N. 2008. Effect of cold five orange genotypes (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Postharvest biology and technology*. 49: 348-354.
31. Reyes-Pérez, J. J.; Murillo-Amador, B.; Nieto-Garibay, A.; Troyo-Diéguez, E.; Reynaldo-Escobar, I. M.; Rueda-Puente, E. O. 2013. Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 45(2): 257-268.
32. Reyes-Pérez, J. J.; Murillo-Amador, B.; Nieto-Garibay, A.; Troyo-Diéguez, E.; Reynaldo-Escobar, I. M.; Rueda-Puente, E. O.; Guridi-Izquierdo, F. 2014. Humatos de vermicompost como mitigador de la salinidad en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 46(2): 149-162.
33. Romojaro, F.; Martínez, M. C.; Pretel, M. T. 2006. Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en postcosecha de productos agrarios. Resumen de conferencia. V Simposio Ibérico VIII Nacional de Maduración y Post-Recolección. Orihuela Alicante. p: 91-96.
34. SAS. 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline, USA. 1503 p.
35. Shewfelt, L. R. 2005. Color: In: Postharvest physiology and pathology of vegetables. J. A. Bartz, J. K. Brencht, D. Marcel. (eds). Inc. New York, USA. p: 313-323.

36. Shivashankara, K. S.; Isobe, S.; Al-Haq, M. I.; Takena, K. A.; Shina, M. T. 2004. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low-temperature after high electric field treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:1281-1286.
37. Taiz, L.; Zeiger, E. 2010. 5th. *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts.
38. Thompson, K. A. 2003. *Fruit and vegetables: harvesting, handling and storage*. Blackwell Publishing, Ltd. New York, USA. 482p.
39. Tonoiven, P. M. A.; 2004. Postharvest storage procedures and oxidative stress. *HortScience* 39: 938-942.
40. Torales, A. C.; Chaves, A. R.; Rodríguez, S. C. 2010. Cambios en la calidad de rúcula mínimamente procesada. Efecto de distintos envases. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 11: 196-203.
41. Verma, R. S.; Rahman, L.; Verma, R. K.; Chauhan, A. K.; Singh, A. 2010. Essential oil composition of menthol mint (*Mentha arvensis*) and peppermint (*Mentha piperita*) cultivars at different stages of plant growth from Kumaon region of western Himalaya. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 1: 13-18.
42. Vicente, A. R.; Manganaris, G. A.; Sozzi, G. O.; Crisosto, C. H. 2009. Nutritional quality of fruits and vegetables: In: *Postharvest Handling: A System Approach*. W J Florkowski, R L Shewfelt, B Brueckner, S E Prussia. (eds). Elsevier Inc. Academic Press. USA. p: 58-106.
43. Wang, M. F. Li, J. G.; Rangarajan, M.; Shao, Y.; La Voie, E. J.; Huang, T. C.; Ho, C. T. 2008. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:4869-4873.
44. Wills, R.; Mc Glasson, B.; Graham, D.; Joyce, D. 2008. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. UNSW Press, Adelaide. 262 p.